

TRANSLATION FROM GERMAN

(19) FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY
GERMAN PATENT OFFICE

(12) Patent specification

(11) **DE 3932721 C1**

(21) File Number: P 39 32 721.3-13

(22) Application date: September 30, 1989

(43) Date of disclosure: -

(45) Date of publication

of patent grant: October 25, 1990

(51) Int. Cl.⁵:

F02B 37/12; F02C 6/12

Objection may be raised within 3 months after publication of the grant.

(73) Patent holder:

MTU Motoren- und Turbinen-Union Friedrichshafen GmbH, 7990 Friedrichshafen, DE

(72) Inventors:

Hans Sudmanns; Dr. Christoph Teetz, 7990 Friedrichshafen, DE

(56) Publications considered for determining the patentability:

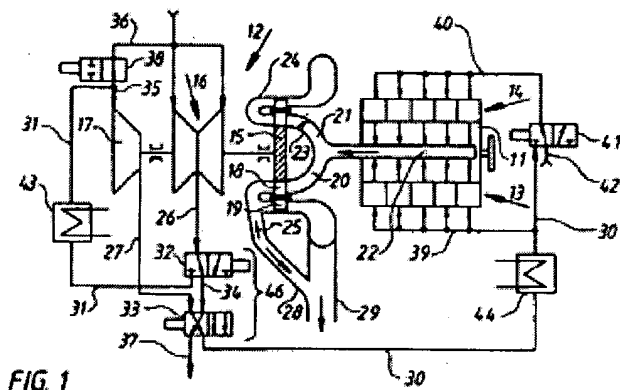
DE-PS 6 57 136

DE 28 55 561

CH 5 65 941

(54) Supercharged internal combustion engine having an exhaust-gas driven supercharger group

A partial disengagement of supercharger group (12) takes place in the partial load operation of internal combustion engine (11) in order to achieve a charging air supply optimally matched with the load conditions of internal combustion engine (11). The partial disengagement is achieved on the drive side of supercharger group (12) by a partial admission of exhaust gas to two-stage exhaust gas turbine (15) matched to the exhaust gas supply. On the air feed side of supercharger group (12), partial admission is achieved by matching the power input of the two supercharger air compressors (16, 17) constantly in drive connection with the exhaust gas turbine (15) by connecting, disconnecting, and changing-over different air lines.



Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf eine aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe, die teilab- und zuschaltbar ausgebildet ist, gemäß dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Die Teilabschaltung einer abgasbetriebenen Aufladegruppe erfolgt bei Brennkraftmaschinen zur Erhöhung von Ladeluftdruck und -menge bei gegenüber dem Vollastbetrieb vermindertem Anfall von Abgasenergie, also im Teillast- und Teildrehzahlbereich der Brennkraftmaschine. Bei Zunahme der Leistung der Brennkraftmaschine wird dann die gesamte Aufladegruppe in Betrieb genommen.

Aus der US-PS 23 87 560 ist eine gattungsgemäße Brennkraftmaschine mit einer zweiwellig ausgebildeten abgasbetriebenen Aufladegruppe bekannt geworden. Dabei ist der ersten Abgasturbinenstufe der zweite Ladeluftverdichter und der zweiten Abgasturbinenstufe der erste Ladeluftverdichter zugeordnet. Im Betriebszustand, wenn beide Abgasturbinenstufen mit Abgas der Brennkraftmaschine beaufschlagt sind, arbeiten die beiden Ladeluftverdichter hintereinandergeschaltet als Niederdruck- und Hochdruck-Ladeluftverdichter.

Bei Teillast, wenn das Abgasangebot der Brennkraftmaschine gering ist, wird durch Öffnen einer Bypassperreinrichtung der zwischen den beiden Abgasturbinenstufen angeordneten Bypableitung die zweite Abgasturbinenstufe und mit ihr der erste Ladeluftverdichter stillgesetzt. Bei gleichzeitig geöffnetem Lufteinlaß in der Leitungsverbindung zwischen dem Druckstutzen des ersten Ladeluftverdichters und dem Luftansaugstutzen des zweiten Ladeluftverdichters liefert der zweite Ladeluftverdichter allein vorverdichtete Ladeluft. Wenn mit zunehmender Last der Brennkraftmaschine das Abgasangebot und der Ladeluftbedarf wächst, wird zur Verbesserung der Ladeluftversorgung der Brennkraftmaschine die zweite Abgasturbinenstufe durch Schließen der Bypassperreinrichtung in Betrieb genommen und damit der erste Ladeluftverdichter zugeschaltet. Weil dabei das Laufzeug von zweiter Abgasturbinenstufe und erstem Ladeluftverdichter aus dem Stillstand heraus beschleunigt werden muß, ergibt sich ein verzögerter Förderbeginn des ersten Ladeluftverdichters. Das führt zu einem Leistungs- bzw. Drehzahleinbruch der Brennkraftmaschine, was die Übernahme einer vorgegebenen Last stark verzögert. Zudem ist mit der nur zweifach abgestuften, abgasgesteuerten Ladeluftversorgung keine besonders vorteilhafte Anpassung an verschiedene Lastzustände der Brennkraftmaschine gegeben.

Ungünstig wirken sich auch die mit dem Stillsetzen und Zuschalten verbundenen starken Temperaturwechsel auf die thermische Beanspruchung der abschaltbaren Abgasturbinenstufe aus.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine verschiedenen Lastzuständen der Brennkraftmaschine optimal anpaßbare, abgasgesteuerte Ladeluftversorgung zu schaffen, mit der ein günstiges Schaltverhalten der abgasbetriebenen Aufladegruppe in Bezug auf das Lastannahmeverhalten der Brennkraftmaschine und die thermische Beanspruchung der Abgasturbine erreicht wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den kennzeichnenden Merkmalen von Anspruch 1 gelöst und mit den Merkmalen der Ansprüche 2 bis 13 vorteilhaft weiter ausgestaltet. Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß die Aufladegruppe in sehr kompakter Bauform ausgebildet ist, daß sich eine

gleichmäßige Temperaturverteilung an der Abgasturbine ergibt, da während Betriebszeiten der Brennkraftmaschine ein ständiger Abgasdurchfluß am Abgasturbinenlauftrahnen besteht, daß das Zuschalten der zweiten Abgasturbinenstufe nicht zum Drehzahleinbruch der Brennkraftmaschine führt, weil das Laufzeug der Aufladegruppe nicht aus dem Stillstand beschleunigt werden muß und daß eine den Lastzuständen der Brennkraftmaschine gut angepaßte Ladeluftversorgung dadurch erreicht wird, daß der Betrieb der beiden Ladeluftverdichter je für sich allein oder hintereinandergeschaltet eine dreistufige abgasgesteuerte Ladeluftversorgung bei Leerlauf, Teillast und Vollast der Brennkraftmaschine ergibt.

Aus der DE-PS 6 57 136 ist zwar eine Aufladegruppe bekannt, bei der zwei Ladeluftverdichter ständig mechanisch mit beiden Stufen der Abgasturbine in Antriebsverbindung stehen. Diese bekannte Anordnung enthält jedoch keine Merkmale, die auf eine ab- und zuschaltbare Aufladegruppe hinweisen.

Aus der DE 28 55 551 A1 ist desweiteren bekannt, die Druckstutzen der Ladeluftverdichter einer Aufladegruppe einer Brennkraftmaschine an die Eingänge einer Umschalteneinrichtung anzuschließen, wobei die Ladeluftsammeleinleitung und die Leitungsverbindung von je einem Ausgang der Umschalteneinrichtung ausgehen. Hinweise darauf, daß beide Ladeluftverdichter ab- und zuschaltbar ausgebildet sind und ständig mit der Abgasturbine in Antriebsverbindung stehen, sind dieser bekannten Anordnung nicht zu entnehmen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden nachstehend näher beschrieben. Es zeigt:

Fig. 1 schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Aufladegruppe bei Leerlauf;

Fig. 2 schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Aufladegruppe bei Teillast;

Fig. 3 schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einer Aufladegruppe bei Vollast;

Fig. 4 alternative Ausbildung einer Aufladegruppe;

Fig. 5 alternative Ausbildung der Abgasturbine;

Fig. 6 einteilige Umschalteneinrichtung.

Eine zwei Zylinderreihen 13, 14 aufweisende aufgeladene Brennkraftmaschine 11 wird von einer abgasbetriebenen, freilaufenden Aufladegruppe 12 mit vorverdichteter Ladeluft versorgt. Die einwellig ausgebildete Aufladegruppe 12 besteht aus einer zweistufigen Abgasturbine 15 in Axial-Bauart, einem ersten Ladeluftverdichter 16 sowie einem zweiten Ladeluftverdichter 17, die beide in ständiger Antriebsverbindung mit beiden Stufen der Abgasturbine 15 stehen. Die Laufraddurchmesser der beiden Ladeluftverdichter 16, 17 sind gleich groß, wobei der erste Ladeluftverdichter 16 zweiflutig ausgebildet ist.

Die Beschaufelungen der beiden Stufen 18, 19 der Abgasturbine 15 sind an einem einzigen Laufrad in radialer Richtung aneinander anschließend angeordnet. Die erste Stufe 18 der Abgasturbine 15 ist als teilbeaufschlagbare Gleichdruckturbine ausgebildet, die über wenigstens zwei an die Abgassammelleitung 22 angeschlossene Düsen 20, 21 mit Abgas der Brennkraftmaschine 11 beaufschlagbar ist. Der Öffnungsquerschnitt mindestens der einen Düse 21 ist mittels einer Düsenabsperreinrichtung 23 steuerbar.

Vom Abgasaustritt der Beschaufelung der ersten Stufe 18 der Abgasturbine 15 führt ein torusförmiger Umlenkungskanal 24 zur Eintrittsseite der Beschaufelung der zweiten Stufe 19 der Abgasturbine 15, die als

Gleichdruck- oder als Überdruckturbine ausgeführt sein kann. Von einer Stelle des Umlenkungskanals 24 geht eine von einer Bypaßabsperreinrichtung 25 beherrschte Bypaßleitung 28 aus, die zur Auspuffleitung 29 der Abgasturbine 15 führt.

Wie Fig. 5 zeigt, können die beiden Stufen 18, 19 der Abgasturbine 15 auch hintereinanderliegend an einem gemeinsamen Laufrad ausgebildet sein.

Die Druckstutzen 26, 27 der Ladeluftverdichter 16, 17 sind an die Eingänge einer Umschalteneinrichtung 46 angeschlossen, die aus zwei durch eine Leitung 34 verbundenen Umschaltschiebern 32, 33 gebildet wird. Der Druckstutzen 26 des ersten Ladeluftverdichters 16 führt zum Eingang des ersten Umschaltschiebers 32, an dessen einem Ausgang die Leitungsverbindung 31 angeschlossen ist, die zum Luftansaugstutzen 35 des zweiten Ladeluftverdichters 17 führt. Der Druckstutzen 27 des zweiten Ladeluftverdichters 17 führt zum zweiten Eingang des Umschaltschiebers 33, der einen Entlüftungsausgang 37 aufweist und an dessen anderem Ausgang die Ladeluftsammelleitung 30 angeschlossen ist.

Der Luftansaugstutzen 35 des zweiten Ladeluftverdichters 17 ist unter Zwischenschaltung einer Luftabsperreinrichtung 38 an eine für alle Ladeluftverdichter 16, 17 gemeinsame Luftereinlaßleitung 36 angeschlossen.

Die Brennkraftmaschine 11 kann wie im Ausführungsbeispiel dargestellt mit einer bei Leerlauf und Teillast wirksamen Zylinderreihenabschaltung ausgestattet sein. Für diesen Fall wird die Ladeluftverteilung 40 der abschaltbaren Zylinderreihe 14 durch eine Umschalteneinrichtung 41 von der Ladeluftsammelleitung 30 getrennt. Die ohne Brennstoffzufuhr in abgeschaltetem Zustand der Zylinderreihe 14 mitgeschleppten Zylinder saugen nicht vorverdichtete Luft über den Luftereinlaß 42 der Umschalteneinrichtung 41 aus der Umgebung an. Die nicht abgeschaltete Zylinderreihe 13 wird über die Ladeluftverteilung 39 aus der Ladeluftsammelleitung 30 mit vorverdichteter Ladeluft versorgt.

Fig. 1 zeigt den Schaltzustand der Aufladegruppe 12 und die Brennkraftmaschine 11 bei Leerlauf mit abgeschalteter Zylinderreihe 14. Der Abgasmassenstrom ist in diesem Betriebszustand gering, weshalb die Düsenabsperreinrichtung 23 geschlossen ist und die Beaufschlagung der ersten Stufe 18 der Abgasturbine 15 allein durch die Düse 20 erfolgt. Die Bypaßabsperreinrichtung 25 ist geöffnet, so daß das Abgas aus dem Umlenkungskanal 24 über die Bypaßleitung 28 unter Umgehung der zweiten Stufe 19 der Abgasturbine 15 in die Auspuffleitung 29 strömt und Antriebsleistung nur in der Stufe 18 erzeugt wird.

Da die Brennkraftmaschine 11 bei Leerlauf auch nur einen geringen Ladeluftbedarf hat, ist der erste Ladeluftverdichter 16 auf Nullförderung eingestellt. Nullförderung wird dadurch erreicht, daß der Druckstutzen 26 über Umschaltschieber 32, Leitung 34 und Umschaltschieber 33 auf Durchgang zum Entlüftungsausgang 37 geschaltet ist. Auf diese Weise kann sich trotz rotierendem Laufrad des Ladeluftverdichters 16 kein Förderdruck im Druckstutzen 26 aufbauen. Gleichzeitig ist der Durchgang vom Druckstutzen 26 zur Leitungsverbindung 31 am Umschaltschieber 32 gesperrt, die Luftabsperreinrichtung 38 geöffnet und der Druckstutzen 27 am Umschaltschieber 33 mit der Ladeluftsammelleitung 30 verbunden. Der zweite Ladeluftverdichter 17 dient damit allein der Ladeluftversorgung der Brennkraftmaschine 11.

Fig. 2 zeigt den Schaltzustand der Aufladegruppe 12 und die Brennkraftmaschine 11 bei kleiner Teillast mit

immer noch abgeschalteter Zylinderreihe 14. Der Abgasmassenstrom ist größer als bei Leerlauf, so daß durch Öffnen der Düsenabsperreinrichtung 23 die erste Stufe 18 der Abgasturbine 15 durch beide Düsen 20 und 21 mit Abgas beaufschlagt wird. Die Bypaßabsperreinrichtung 25 ist aber noch geöffnet, so daß die zweite Stufe 19 der Abgasturbine 15 noch nicht vom Abgas durchströmt wird und noch nicht zur Antriebsleistung beiträgt.

Den bei Teillast gegenüber Leerlauf höheren Ladeluftbedarf der Brennkraftmaschine 11 kann nun der erste Ladeluftverdichter 16 allein erfüllen. Durch Umschalten des Umschaltschiebers 33 wird der Druckstutzen 26 des ersten Ladeluftverdichters 16 auf Durchgang zur Ladeluftsammelleitung 30 geschaltet, was den Förderbeginn des ersten Ladeluftverdichters 16 zur Folge hat. Gleichzeitig ist der Druckstutzen 27 des zweiten Ladeluftverdichters 17 auf Durchgang zum Entlüftungsausgang 37 geschaltet worden. Da sich die Stellung von Umschaltschieber 32 und Luftabsperreinrichtung 38 gegenüber Fig. 1 nicht verändert hat, ist der zweite Ladeluftverdichter 17 bei rotierendem Laufrad auf diese Weise auf Nullförderung eingestellt.

Fig. 3 zeigt den Schaltzustand der Aufladegruppe 12 und die Situation der Brennkraftmaschine 11 bei Vollast ohne Abschaltung der Zylinderreihe 14. Durch Schließen der Bypaßabsperreinrichtung 25 durchströmt das Abgas unter Leistungsabgabe beide Stufen 18, 19 der Abgasturbine 15. Die Antriebsleistung der Abgasturbine 15 ist nun ausreichend für den Förderbetrieb beider Ladeluftverdichter 16, 17 gleichzeitig. Dazu erfolgt eine Umschaltung des Umschaltschiebers 32, wonach der Druckstutzen 26 des ersten Ladeluftverdichters 16 Durchgang zur Leitungsverbindung 31 bekommt. An Umschaltschieber 33, Luftabsperreinrichtung 38 und Umschalteneinrichtung 41 erfolgen ebenfalls Umschaltungen, so daß der Druckstutzen 27 des zweiten Ladeluftverdichters 17 auf Durchgang zur Ladeluftsammelleitung 30 geschaltet ist, der Durchgang zwischen Luftereinlaßleitung 36 und Luftansaugstutzen 35 gesperrt ist und die Ladeluftverteilung 40 mit der Ladeluftsammelleitung 30 verbunden ist. Der Weg der Luft ist nun wie folgt: erste Verdichtungsstufe im ersten Ladeluftverdichter 16, Überströmen der vorverdichteten Ladeluft über Druckstutzen 26, Umschaltschieber 32, Leitungsverbindung 31 mit Kühlung im Ladeluftkühler 43 zum Luftansaugstutzen 35, zweite Verdichtungsstufe im zweiten Ladeluftverdichter 17, Überströmen der Ladeluft über Druckstutzen 27, Umschaltschieber 33 in die Ladeluftsammelleitung 30 mit Kühlung im Ladeluftkühler 44 und in die Ladeluftverteilungen 39, 40.

Die in Fig. 1 bis 3 dargestellte einwellige Ausbildung der Aufladegruppe 12 setzt die Verwendung von Verdichterlaufrädern gleichen Außendurchmessers an beiden Ladeluftverdichtern 16, 17 voraus. Mit der Wahl des Außendurchmessers ist bei Einhaltung zulässiger Werkstoffbeanspruchung die maximal ertragbare Umfangsgeschwindigkeit am Verdichterlaufrad bzw. die maximale Drehzahl des Laufzeugs der Aufladegruppe 12 festgelegt. Der Arbeitsbereich, der dem ersten Ladeluftverdichter 16 zugewiesen ist, erfordert bei einwelliger Aufladegruppe 12 die zweiflutige Ausbildung. Unter Beibehaltung des Arbeitsbereiches erfordert die einflutige Ausbildung des ersten Ladeluftverdichters 16 einen größeren Außendurchmesser seines Laufrades gegenüber dem zweiten Ladeluftverdichter 17. Die Ausbildung der Aufladegruppe 12 gemäß Fig. 4 mit einem ins Schnelle übersetzenden Getriebe 45 zwischen dem er-

sten Ladeluftverdichter 16 und dem zweiten Ladeluftverdichter 17 löst das Problem unterschiedlicher zulässiger Umfangsgeschwindigkeiten der Verdichterlaufräder. Das Getriebe 45 kann als Stirnrad- oder als Planetengetriebe ausgebildet sein.

Die aus den Umschaltchiebern 32 und 33 gebildete Umschalteneinrichtung 46 kann gemäß Fig. 6 auch in einer Einheit als Umsteuerschieber 47 mit den drei Schaltstellungen 48, 49, 50 ausgebildet sein. Die Schaltstellungen 48, 49, 50 sind entsprechend der Beschreibung zu Fig. 1 bis 3 den Betriebsphasen der Brennkraftmaschine 11 Leerlauf, Teillast und Vollast zugeordnet.

Patentansprüche

1. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe, die ab- und zuschaltbar ausgebildet ist und aus einer zweistufigen Abgasturbine sowie zwei davon angetriebenen Ladeluftverdichtern besteht, wobei zwischen den beiden Stufen der Abgasturbine eine von einer Bypassabsperreinrichtung beherrschte Bypasleitung angeordnet ist, und zwischen dem Druckstutzen des ersten Ladeluftverdichters und dem Luftansaugstutzen des zweiten Ladeluftverdichters eine Leitungsverbindung besteht, in die eine von einer Luftabsperreinrichtung beherrschte Lufteinlaßleitung einmündet, **dadurch gekennzeichnet**, daß beide Ladeluftverdichter ständig mechanisch mit beiden Stufen (18, 19) der Abgasturbine (15) in Antriebsverbindung stehen, daß die Druckstutzen (26, 27) der beiden Ladeluftverdichter (16, 17) an die Eingänge einer Umschalteneinrichtung (46, 47) angeschlossen sind, daß die Ladeluftsammelleitung (30) und die Leitungsverbindung (31) von je einem Ausgang der Umschalteneinrichtung (46, 47) ausgehen und daß die Umschalteneinrichtung (46, 47) einen Entlüftungsausgang (37) aufweist.
2. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Aufladegruppe (12) einwellig ausgebildet ist.
3. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Laufraddurchmesser der beiden Ladeluftverdichter (16, 17) gleich groß sind.
4. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste Ladeluftverdichter (16) zweiflutig ausgebildet ist.
5. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die beiden Stufen (18, 19) der Abgasturbine (15) als Axial-Abgasturbine an einem gemeinsamen Laufrad ausgebildet sind.
6. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beschaukelungen der beiden Stufen (18, 19) der Abgasturbine (15) in radialer Richtung aneinander anschließend am gemeinsamen Laufrad angeordnet sind.
7. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Beschaukelungen der beiden Stufen (18, 19) der Abgasturbine (15) in axialer Richtung hintereinanderliegend am gemeinsamen Laufrad angeordnet sind.

8. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe nach Anspruch 5 oder 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß die erste Stufe (18) der Abgasturbine (15) über mehrere Düsen (20, 21) mit Abgas beaufschlagbar ist.

9. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Öffnungsquerschnitt wenigstens eine der Düsen (21) mittels einer Düsenabsperreinrichtung (23) steuerbar ist.

10. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der erste Ladeluftverdichter (16) ein einflutiges Laufrad aufweist, dessen Durchmesser größer als das des zweiten Ladeluftverdichters (17) ausgebildet ist.

11. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Laufrad des zweiten Ladeluftverdichters (17) über ein Getriebe (45) mit der Abgasturbine (15) in Antriebsverbindung steht.

12. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Umschalteneinrichtung (47) einhäusig mit drei Schaltstellungen ausgebildet ist.

13. Aufgeladene Brennkraftmaschine mit einer abgasbetriebenen Aufladegruppe nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Umschalteneinrichtung (46) aus zwei durch eine Leitung (34) verbundenen Umschaltchiebern (32, 33) gebildet wird.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

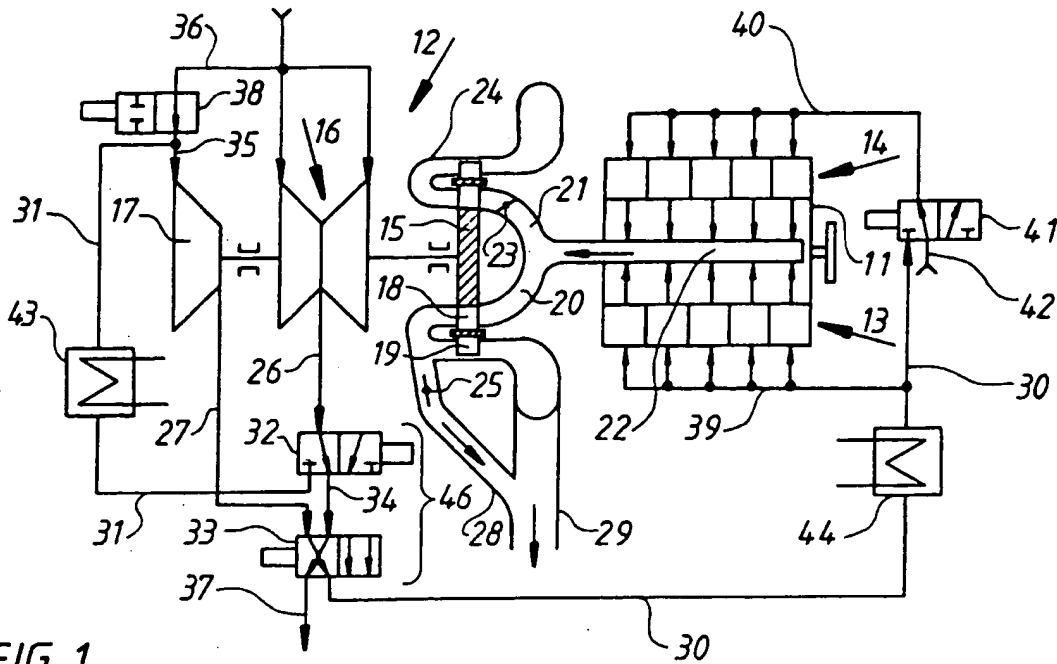


FIG. 1

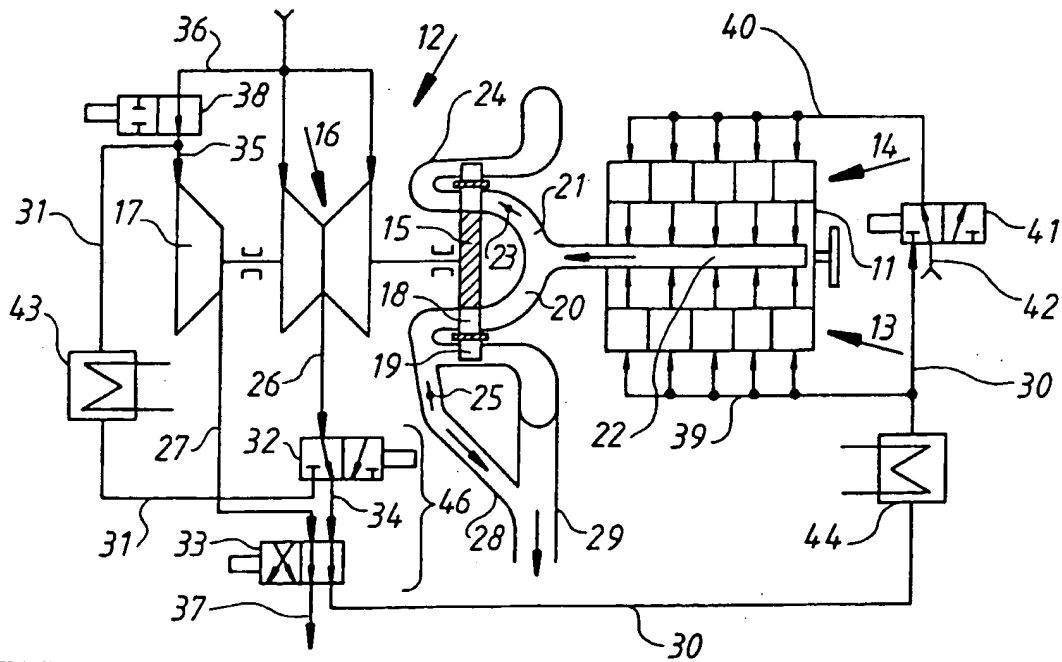


FIG. 2

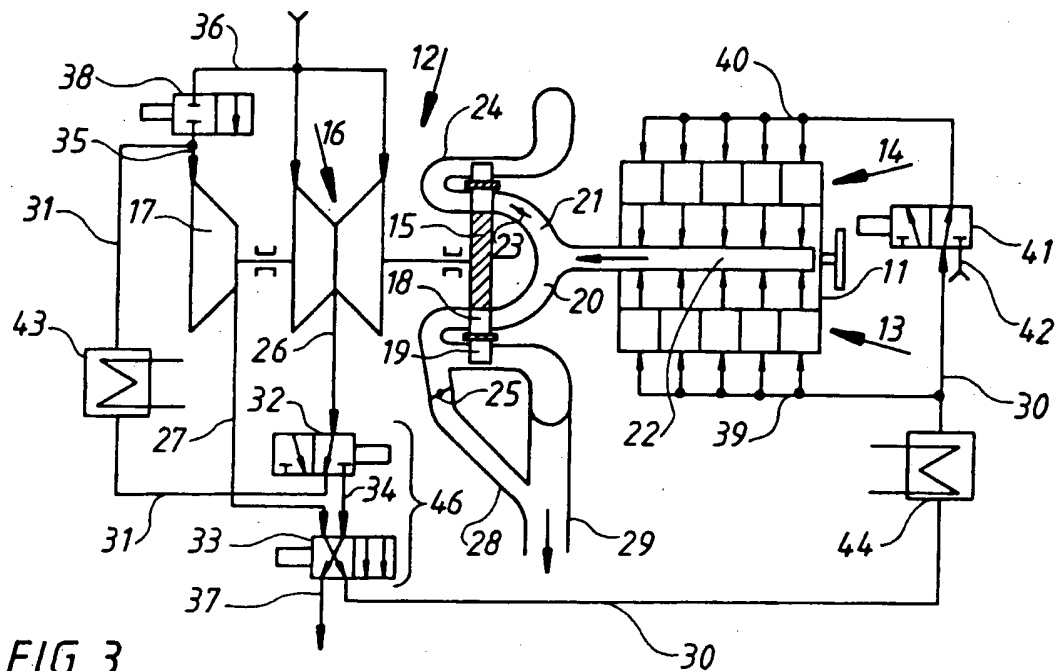


FIG. 3

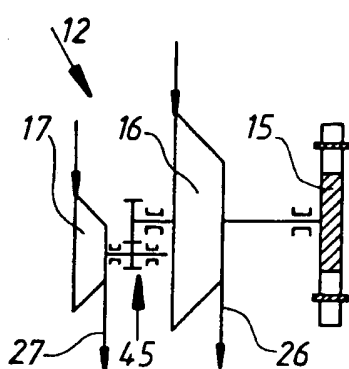


FIG. 4

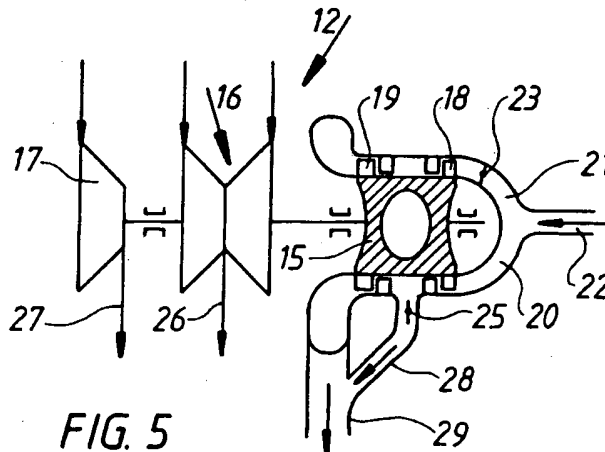


FIG. 5

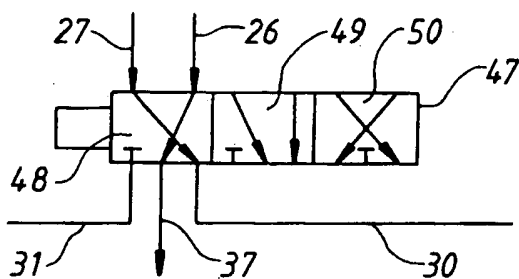


FIG. 6